

**Estudio del Protocolo de Comunicación serial BUS CAN y la aplicación en la industria  
de vehículos de transporte BUSSCAR DE COLOMBIA.**

**JORGE ANDRES BUITRAGO BARRERA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE TECNOLOGIA**

**PEREIRA**

**2017**

**Estudio del Protocolo de Comunicación serial BUS CAN y la aplicación en la industria  
de vehículos de transporte BUSSCAR DE COLOMBIA.**

**PROYECTO**

**JORGE ANDRES BUITRAGO BARRERA  
CODIGO: 18.518.651**

Trabajo de grado para optar a título de:  
**TECNOLOGO EN MECATRONICA**

Director  
**PAULO CESAR YELA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE TECNOLOGIA**

**PEREIRA**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

En este momento que termino una etapa de mi vida y a su vez inicio otra nueva...

Le agradezco primero que todo a Dios por la vida y la salud y segundo a mi Familia especialmente a mi Madre María Barrera, mi Padre Jorge Buitrago, por todos los valores inculcados, a mi amigo Marcos Barraza por su apoyo infinito y a mi hija Juana Valentina por su amor incondicional.

A cada uno de mis profesores que durante toda mi carrera universitaria han aportado con su conocimiento y sabiduría en mi formación. A mis compañeros de trabajo que me aconsejaron y me guiaron a lo largo de este proyecto.

De igual manera agradecer a mi director Ing. PAULO CESAR YELA, quien con sus conocimientos y su experiencia ha logrado que pueda terminar este trabajo de grado con éxito. Y por último a mis amigos y compañeros de carrera, con los que he compartido todas mis alegrías y problemas.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>INDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>v</b>
 <b>CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE LA RED CAN</b>	
<b>1. DEFINICION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento o Descripcion.....	1
1.2 Formulacion .....	1
1.3 Sistematizacion .....	2
1.4 Justificación .....	2
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo general .....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
<b>3. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>3</b>
3.1. HISTORIA DEL CONTROL.....	3
3.1.1. Contexto Histórico de CAN .....	3
3.1.2. Cronología Histórica del Protocolo CAN. ....	5
3.2. MARCO TEORICO.....	6
3.2.1. Necesidad de la Red CAN en el Automóvil.....	6
3.2.2. Definición de Can.....	7
3.2.3. Campos aplicación de las Redes CAN en el Automóvil.....	8
3.2.4. Acoplamiento de unidades de control .....	8
3.2.5. Electrónica de carrocería y de confort.....	8
3.2.6. Comunicación móvil.....	8
3.2.7. Características del Bus Can.....	8
3.2.8. Estandarizado .....	9

<b>3.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>9</b>
3.3.1. Medio de transmisión adaptable .....	9
3.3.2. Estructura definida.....	9
3.3.3. Número de nodos.....	10
3.3.4. Garantía de tiempos de latencia .....	10
3.3.5. Optimización del ancho de banda .....	10
3.3.6. Desconexión de nodos defectuosos.....	10
3.3.7. Velocidad flexible .....	10
3.3.8. Relación de velocidad distancia.....	11
3.3.9. Orientado a mensajes .....	11
3.3.10. Recepción por Multidifusión (multicast) .....	11
3.3.11. Medio compartido (broadcasting) .....	11
3.3.12. Detección y señalización de errores .....	12
3.3.13. Retransmisión automática de tramas erróneas.....	12
<b>4. ESTRUCTURA UNIDAD DE ANÁLISIS.....</b>	<b>13</b>
4.1 Estructura de Capas del Protocolo CAN.....	13
4.2 Capa Física.....	13
4.3 Medio Físico.....	13
4.4 Topología bus .....	14
4.5 Tipos de ruidos .....	14
4.6 Nivel de Señal .....	15
4.7 Componentes del Medio Físico .....	16
4.7.1 Cableado .....	16
4.7.2 Resistencia de fin de línea .....	17
4.7.3 Controlador .....	18
4.7.4 Transceptor (Transmisor-receptor) .....	19
4.8 Capa de Enlace .....	20

<b>5. CRITERIOS DE VALIDEZ .....</b>	<b>20</b>
5.1 Control de Enlace Lógico “Logical link Control LLC” .....	20
5.2 Control de Acceso al Medio “Medium Access Control MAC” .....	22
5.3 Secuencia de un Proceso de Arbitraje del Bus CAN entre tres nodos.....	24
5.4 Formato de Tramas. ....	25
5.5 Tipos de Trama.....	25
5.5.1 Trama de Datos .....	26
5.5.2 Trama Remota .....	26
5.5.3 Trama de Error .....	27
5.5.4 Trama de Sobrecarga .....	28
5.6 Espacio entre tramas .....	29
5.7 Validación de Tramas .....	29
<b>6. DISEÑO METODOLOGICO .....</b>	<b>30</b>
6.1 Desarrollo de actividades.....	31
6.1.1 ELSY GRAF.....	32
6.1.2 CANELA +.....	33
<b>7. PERSONAS QUE PARTICIPAN .....</b>	<b>36</b>
6.1 Desarrollo de actividades .....	31
6.1.1 ELSY GRAF.....	32
6.1.2 CANELA +.....	33
<b>PERSONAS QUE PARTICIPAN .....</b>	<b>36</b>
<b>8. RECURSOS DISPONIBLES .....</b>	<b>37</b>
8.1 Recursos Institucionales.....	37
8.2 Recursos materiales .....	37
8.3 Recursos Financieros (Presupuesto) .....	37
<b>9. CRONOGRAMA DE TRABAJO .....</b>	<b>37</b>
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Red CAN.....	2
<b>Figura 1.2:</b> Transmisión de datos convencional en comparación con CAN.....	5
<b>Figura 1.3:</b> Acoplamiento de las unidades de control mediante CAN Bus .....	6
<b>Figura 1.4:</b> Colocación de la guarda capacitiva, para evitar el Ruido Capacitivo.....	14
<b>Figura 1.5:</b> Trenzado para minimizar el campo próximo a un circuito .....	15
<b>Figura 1.6:</b> Niveles de tensión (estándar ISO11519).....	15
<b>Figura 1.7:</b> Niveles absolutos de líneas respecto Tierra, estándar (ISO 11898) .....	16
<b>Figura 1.8:</b> Medio de transmisión eléctrica (par trenzado). .....	16
<b>Figura 1.9:</b> Elementos de Cierre .....	17
<b>Figura 1.10:</b> Ubicación del controlador.....	17
<b>Figura 1.11:</b> Ubicación del Transceptor. ....	18
<b>Figura 1.12:</b> Sistema de Comunicación Semiduplex del Transceptor. ....	18
<b>Figura 1.13:</b> Estados lógicos del bus CAN.....	21
<b>Figura 1.14:</b> Proceso de arbitraje del bus CAN .....	22
<b>Figura 1.15:</b> Proceso de arbitraje del bus CAN con 3 nodos simultáneos.....	23
<b>Figura 1.16:</b> Formato de trama de datos. ....	24
<b>Figura 1.17:</b> Formato de trama remota.....	25
<b>Figura 1.18:</b> Formato de trama de error .....	26
<b>Figura 2.1:</b> Vehículo SUNLONG .....	26
<b>Figura 2.2:</b> Programa para solicitar señales del chasis .....	33
<b>Figura 2.3:</b> Programa para recibir las señales del chasis .....	34
<b>Figura 2.4:</b> Programa para recibir y empaquetar las señales del chasis .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Velocidad – Distancia en CAN .....	10
<b>Tabla 1.2:</b> Estructura de capas del protocolo CAN (ISO 11898).....	11
<b>Tabla 2.1:</b> Información generada por el modulo motor I.....	36
<b>Tabla 2.2:</b> Paquetes de información CAN del módulo motor I .....	37
<b>Tabla 2.3:</b> Información generada por el modulo motor II.....	37
<b>Tabla 2.4:</b> Paquetes de información CAN del módulo motor II.....	38

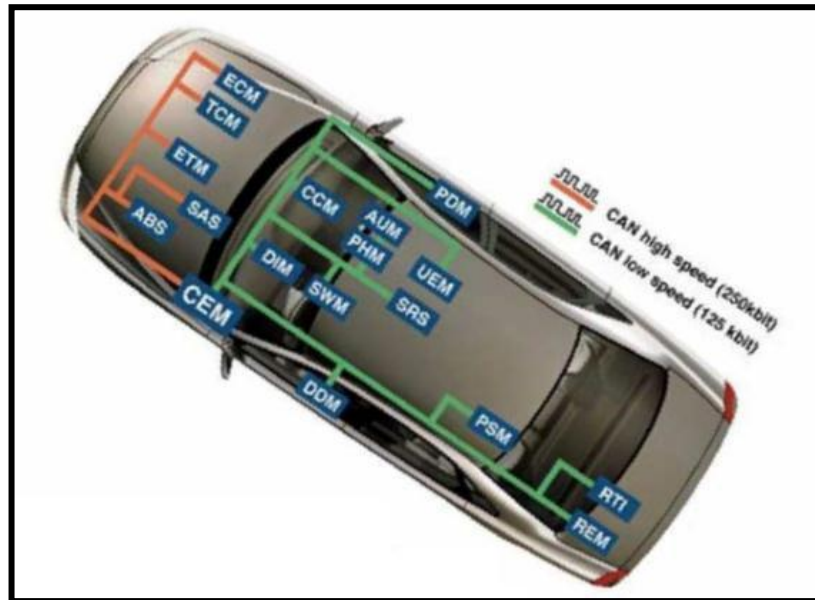
## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, dado el continuo aumento del equipamiento eléctrico y electrónico en los vehículos, la arquitectura eléctrica de los automóviles se ha modificado. Anteriormente, los fabricantes automotrices conectaban dispositivos eléctricos y electrónicos en los vehículos utilizando sistemas de cableado punto a punto, aumentando en exceso el peso y el volumen del cableado, eso sin contar con las posibles fuentes de avería que ello supondría. También era difícil compartir la información entre las distintas Unidades de Control Electrónico (UCE's). En algunos casos fue necesario montar una gran cantidad de sensores similares, cables y conectores adicionales, para comunicar a las diferentes Unidades de Control Electrónico. En estas circunstancias surgió el protocolo de comunicaciones CAN como una red estándar para vehículos, una red multiplexada como solución técnica para interconectar las diferentes unidades de control entre sí, mediante un par trenzado de cables (BUS de datos), de forma que todas las unidades control interconectadas a través del BUS puedan intercambiar y compartir informaciones, reduciéndose de forma significativa el volumen, peso y complejidad de la instalación eléctrica en los vehículos. El protocolo CAN, en la actualidad es el más utilizado para aplicaciones en sistemas de comunicación de datos de vehículos, siendo implementado de forma obligatoria desde el año 2008.



# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA RED CAN



**FIGURA 1.1:** Red CAN

**Fuente:** <http://www.c4atrerros.com/sistema-can-bus-4863063.html>, acceso 05-Abr-2016

### 1.0. DEFINICION:

#### 1.1 PLANTEAMIENTO O DESCRIPCIÓN:

Trabajo monográfico referente al estudio del protocolo de comunicación serial CAN BUS utilizado en el control y manejo de los diferentes sistemas electrónicos presentes en los vehículos de transporte de pasajeros que se construyen en la planta de carrocerías de la empresa BUSSCAR DE COLOMBIAS SAS.

El surgimiento y la historia del desarrollo de este protocolo, las características generales de su estructura de trama, las diferentes capas, la forma como trabaja su mecanismo de arbitraje, los tiempos de latencia, la contención a nivel de bits, y por medio de un ejemplo de aplicación industrial se llegará al punto de visualizar desde la concepción hasta su implementación, el lugar que ocupa este bus de comunicación serial especialmente en el mundo automotriz, la aeronáutica, y los sistemas marítimos.

#### 1.2 FORMULACIÓN

¿PORQUE UTILIZAR EL CONTROL CAN EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS VEHICULARES?

### **1.3 SISTEMATIZACIÓN**

- A) ¿Qué es el protocolo de comunicación CAN?
- B) ¿Cuáles son las principales características del sistema CAN?
- C) ¿Qué ventajas tiene utilizar el sistema CAN frente al sistema tradicional?
- D) ¿Cuáles son las partes principales y componentes del sistema CAN BUS?

### **1.4 JUSTIFICACIÓN:**

La creciente necesidad de intercomunicar diferentes módulos de control, administración y seguridad, ha hecho posible el desarrollo de diferentes protocolos de comunicación. También debido a las grandes distancias que separan a estos diferentes módulos o unidades, hace que se prefiera una comunicación serial.

Es así como el estudio de un protocolo de comunicación serial distribuida, como es el bus CAN, no es solamente interesante sino además nos permite conocer las bases de diseño e implementación de uno de los protocolos más utilizados actualmente en la industria.

### **2.0 OBJETIVOS.**

#### **2.1. OBJETIVO GENERAL:**

ABORDAR Y ENTENDER LOS PRINCIPIOS BÁSICOS EN LOS QUE SE FUNDAMENTA EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN SERIAL CAN.

#### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Aprender a identificar las tramas del BUS CAN.
- Aplicar la comunicación CAN en los vehículos contruidos en la empresa BUSSCAR DE COLOMBIA.
- Analizar en el bus CAN las nociones de comunicación industrial, sistema de arbitraje de señales, diferentes capas del protocolo.
- Abordar la historia del BUS CAN y exponerlas principales características del protocolo de comunicación CAN, como por medio de un ejemplo.

### 3.0. MARCO DE REFERENCIA:

#### 3.1. HISTORIA DEL CONTROL:

CAN o Controller Area Network (Control de Área de Red), fue desarrollado por Bosch en 1985, previo a esto, los fabricantes automotrices conectaban dispositivos electrónicos en los vehículos utilizando sistemas de cableado de punto a punto. Sin embargo, conforme los fabricantes comenzaron a utilizar más y más dispositivos electrónicos en los vehículos, el costo general del vehículo se incrementaba.

Al remplazar el cableado por redes de comunicación en los vehículos, se logró reducir el costo de instalación del mismo, su complejidad, peso del mismo y por supuesto vehículos más seguros. *“CAN, un sistema de bus serial de alta integridad destinado para comunicar dispositivos inteligentes, surgió como la red estándar para vehículos. La industria automotriz adoptó rápidamente CAN y, en 1993, se convirtió en el estándar internacional conocido como ISO 11898. Desde 1994, se han estandarizado varios protocolos de alto nivel a partir de CAN, como CANopen y DeviceNet, y su uso se ha extendido a otras industrias”* (National Instruments, 2012, pág. 1).

##### 3.1.1 Contexto Histórico de CAN

En los años 80 la industria automotriz tenía tres problemas:

- El primero era la demanda de mayor comodidad en los automóviles particulares tales como ventanillas accionadas eléctricamente, asientos con calefacción, control de la temperatura del habitáculo, ajuste de asientos, espejos, equipos de audio , sistema de posicionamiento global controlado por satélite (GPS), etc.
- El segundo era la seguridad en el vehículo: tales como mecanismos y dispositivos encargados de disminuir el riesgo a que se produzca un accidente y entre los cuales tenemos frenos, suspensión, luces y dirección, etc.
- El tercer problema: consumo de combustible, rendimiento, y por la contaminación.

Los tres problemas eran encarados por medio de control electrónico, al principio con una única unidad electrónica de control (ECU), y luego con el agregado de otras. Entonces surge la necesidad de establecer una adecuada comunicación entre las distintas unidades electrónicas de control de dichos procesos.

Una proyección a futuro estimaba que para el año 2005 los automóviles podían contar con 100 microcontroladores especializados. Pero el cableado necesario para establecer la comunicación entre estos microcontroladores sería muy extenso, y además requeriría distintos tipos de cable. *“Es entonces que la compañía Alemana Robert Bosch estudia los buses de campo existentes en los ochenta para implementarlos en los automóviles pero ninguno de ellos cumplía al completo los requerimientos; se decide diseñar y desarrollar un nuevo sistema de comunicaciones industriales que permita enlazar los diversos dispositivos electrónicos instalados en los automóviles, para agregar mayor funcionalidad y reducir el cableado. En el año 1983 Robert Bosch GmbH inició el proyecto el cual fue dirigido por Siegfried Dais, Martin Litschel y el Dr. Uwe Kiencke.*

En febrero de 1986 Robert Bosch presentó en el congreso de la SAE (Society of Automotive Engineers) la primera versión del protocolo CAN para aplicación en automóviles.

En 1987 INTEL desarrollo el FullCAN-Chip 82526 y poco después Philips Semiconductors también terminó el desarrollo de su primer chip, el 80C200. Ambos constituyen la base para los controladores actuales, con diferencias notables en cuanto a manejo de errores y filtrado de admisión.

En 1992 grupos de fabricantes fundaron la organización “CAN en la automoción” (CiA) promovida por Holger Zeltwanger, sin fines de lucro, con el fin de proporcionar información técnica, de productos y comercialización para el uso del bus CAN; poco tiempo después la CiA publica un artículo técnico el cual describía la capa física del protocolo y recomendaba el uso de transceptores CAN que cumplieran la norma ISO 11898.

En Noviembre de 1993, el protocolo CAN es estandarizado bajo la norma ISO 11898 en la que se define la capa física para velocidades de transferencia de datos de hasta 1 Mbps; un bus con tolerancia a fallos para aplicaciones de baja velocidad hasta 125Kbit/s estandarizado bajo la norma ISO 11519 y luego actualizado por la ISO 11519-2.

En 1995 se publica una mejora a la norma ISO 11898 en la que se añaden 29 bits como identificadores que hasta ese momento eran 11 bits, también se incluyó recomendaciones para la especificación CAN 2.0B.

*“En el año 2000 se define y se desarrolla el protocolo de comunicaciones en tiempo real para CAN denominado TTCAN (Time-Triggered communication of CAN) desarrollado por Demd Mueller Y Tomas Fuehrer (ingenieros de Bosch) junto con expertos de la industria de semiconductores; basado en CAN bajo el estándar ISO 11898-4”.* (CALVA CUENCA, 2012, págs. 16,17,18)

### **3.1.2 Cronología Histórica del Protocolo CAN**

*“1983 Inicio del proyecto de Bosch para el desarrollo dentro de una red vehicular.*

*1986 Introducción oficial del protocolo CAN.*

*1987 El primer chip CAN de Intel y Semiconductores Phillips.*

*1991Especificación de Can 2.0 publicada por Bosch*

*1991 Protocolo de Capa Alta CAN Kingdom CAN-based introducido por Kvaser.*

*1992 Establecimiento de usuarios internacionales y grupo de fabricantes de CAN en Automatización.*

*1992 Protocolo de Capa de Aplicación Can publicado por CiA.*

*1992 Primeros automóviles de Mercedes-Benz usando red CAN.*

*1993 Publicación del estándar ISO 11898.*

*1994 Primera conferencia internacional de CAN (iCC) organizada por CiA.*

*1994 Introducción al protocolo de Dispositivo de Red por Allen-Bradley.*

*1995 Publicación de La enmienda de la ISO 11898 (formato extendido del marco).*

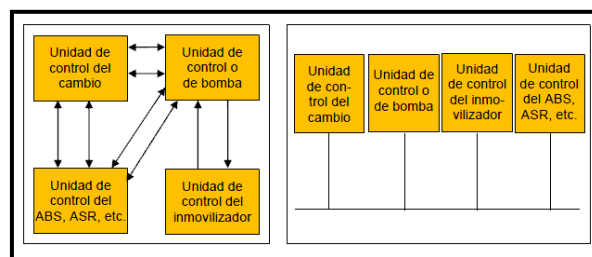
*1995 Protocolo CANOpen publicado por CiA.*

*2000 Desarrollo del protocolo de comunicación tiempo-accionado para CAN (TTCAN). ”* (CAN in Automation (CiA), 2012, págs. 1-2).

## 3.2 MARCO TEORICO:

### 3.2.1 Necesidad de la Red CAN en el Automóvil:

Para el buen funcionamiento de un vehículo, hoy en día varias unidades de control electrónico se encuentran instaladas en él mismo, por tanto la comunicación entre estos dispositivos es indispensable. Así por ejemplo en una transmisión de datos convencional, El módulo de ABS (Sistema de Freno Antibloqueo), El módulo TCS (Sistema de Control de Tracción), El módulo ESP (Sistema de Estabilidad Programable) reciben constantemente señales del sensor de velocidad de las ruedas, al ser una transmisión de datos convencional la comunicación entre cada uno de los módulos y con el sensor es de tipo punto a punto, por consiguiente el número resultante de conexiones punto a punto y la instalación eléctrica es significativa lo que representa un costo elevado y una gran complejidad en la instalación de este tipo de sistemas de seguridad activa.



**FIGURA 1.2:** Transmisión de datos convencional en comparación con CAN

**Fuente:** <http://www.c4atreros.com/sistema-can-bus-4863063.html>, acceso 07-Abr-2012

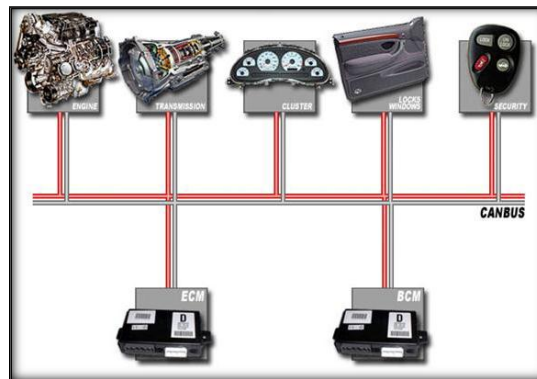
Mientras que en una Red Multiplexada o Red CAN, las rutas de cableado son cortas, la disposición de información en formato serie y la cantidad de la misma que se mueven en la red, son mayores, además el bus de datos CAN tiene la ventaja particular de que, si falla un componente, el resto del sistema continúa funcionando normalmente, reduciendo en gran medida el riesgo de un fallo total del sistema.

### 3.2.2 Definición de Can

Can-Bus es un protocolo o lenguaje de comunicación en serie desarrollado por Bosch para el intercambio de información entre unidades de control electrónicas del automóvil, tales como sistemas de gestión del motor, control de luces, aire acondicionado, bloqueo central entre otros, orientados a proporcionar confort y seguridad al conductor.

*“CAN significa Controller Area Network (Red de área de control) y Bus, en informática, se entiende como un elemento que permite transportar una gran cantidad de información.” (ZAPATA Vaca, 2013, pág. 116)*

El Bus, en consecuencia, permite compartir información entre las unidades de control conectadas al sistema, provocando que el número de sensores empleados sea menor, así como de la cantidad de cables que componen la instalación eléctrica del vehículo.



**FIGURA 1.3:** Acoplamiento de las unidades de control mediante CAN Bus

**Fuente:** <http://canbuskit.com/what.php>, acceso 07-Abr-2012

### **3.2.3 Campos de aplicación de las Redes CAN en el Automóvil**

#### **3.2.4 Acoplamiento de unidades de control**

Funcionan en tiempo real como por ejemplo: las unidades de control del motor, el control del cambio y el control de estabilidad programable. Se caracterizan por unas velocidades de transmisión situadas entre 125 kBit/s y 1MBit/s (High-Speed-CAN).

#### **3.2.5 Electrónica de carrocería y de confort**

Para control y regulación de componentes, por ejemplo: la regulación del aire acondicionado, cierre centralizado y ajuste de los asientos. Las velocidades de transmisión se sitúan entre 10 KBit/s y 125 KBit/s (Low-speed-CAN).

#### **3.2.6 Comunicación móvil**

Permiten comunicar componentes como el sistema de navegación GPS, celulares, o los equipos de audio con unidades centrales de indicación y mando. El objetivo consiste, agrupar informaciones de estado y control para poder conseguir que la distracción del conductor sea mínima.

Las velocidades de transmisión de los datos se sitúan hasta los 125 kBit/s; no obstante, sin ser posible la transmisión directa de datos de audio o vídeo.

#### **3.2.7 Características del Bus Can**

Al ser CAN un protocolo de comunicación serie basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos en tiempo real, significa que es idóneo también en aplicaciones de control y automatización industrial, con un alto nivel de seguridad y multiplexación.



### **3.2.8 Normas de Estandarización**

Es un protocolo definido por las normas ISO (International Organization for Standardization) específicamente en la ISO 11898, que describe los siguientes estándares aplicables a CAN:

3.2.8 ***“ISO/DIS 11898-1: Capa de enlace y señalización física.***

3.2.9 ***ISO/DIS 11898-2: Unidad de acceso al medio de alta velocidad.***

3.2.10 ***ISO/CD 11898-3: Interfaz de baja velocidad tolerante a fallos.***

3.2.11 ***ISO/CD 11898-4: Comunicación: Tiempo activado para la comunicación Time triggered***” (Universidad de Oviedo, 2012, pág. 2).

## **3.3 MARCO CONCEPTUAL:**

### **3.3.1 Medio de transmisión adaptable**

Cableado reducido a comparación de sistemas convencionales (punto a punto) siendo el estándar de transmisión un par trenzado.

### **3.3.2 Estructura definida**

*“La información que circula entre las unidades a través de los dos cables (bus) son paquetes de bits (0’s y 1’s) con una longitud limitada y con una estructura definida de campos que conforman el mensaje.”* (ALEPUZ, 2012, pág. 9)

### **3.3.3 Número de nodos**

*“Es posible conectar hasta 32 nodos en una sola red CAN, sin necesidad de ningún cambio de software o hardware o en la capa de aplicación”,* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 19)

Esta característica ofrece a la red una gran flexibilidad y posibilidad de expansión, ya que nuevos nodos pueden ser añadidos a la red sin la necesidad de hacer ningún cambio en el hardware ni en el software existente, pudiendo ser comparable con un sistema plug and play.

### **3.3.4 Garantía de tiempos de latencia**

La longitud del mensaje es de 8 bytes como máximo, por lo que la latencia es baja entre transmisión y recepción. El acceso al bus es controlado por el protocolo CARRIER SENSE MULTIPLE ACCES/ COLLISION DETECTION WITH ARBITRATION ON MESSAGE PRIORITY (CSMA/CD with Amp), es decir que la colisión de mensajes es evitada por medio de arbitraje tomando en cuenta la prioridad de los mismos.

### **3.3.5 Optimización del ancho de banda**

La optimización del ancho de banda o velocidad a la que se transfieren las tramas de datos por el bus, está en función de la prioridad del mensaje de la trama CAN.

### **3.3.6 Desconexión de nodos defectuosos**

*“Si un nodo de la red cae, sea cual sea la causa, la red puede seguir funcionando; de forma contraria también se pueden añadir nodos al bus sin afectar al resto del sistema”.* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 19)

### **3.3.7 Velocidad flexible**

*“ISO define dos tipos de redes CAN; una red de alta velocidad (de hasta 1 Mbps) especificada por la ISO 11898-2 y una red de baja velocidad tolerante a fallos (menor o igual a 125Kbps) especificada por la ISO 11898-3.”* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 19)

### **3.3.8 Relación de velocidad distancia**

*“La velocidad depende de la distancia hasta un máximo de 1000 metros aunque es posible usar repetidores; la Tabla 1.1 muestra la comparación entre velocidad y distancia para el protocolo CAN”.* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 19)

Velocidad (Kbps)	Tiempo de Bit ( $\mu$ s)	Longitud máxima (m)
1.000	1	30
800	1,25	50
500	2	100
250	7	250
125	8	500
50	20	1.000
20	50	2.500
10	100	5.000

**Tabla 1.1:** Velocidad – Distancia en CAN

**Fuente:** Análisis Protocolar del bus de campo Can, Dr.-Ing. Héctor Kaschel C.  
 Depto. de Ingeniería Eléctrica Universidad de Santiago de Chile, acceso el  
 10 de junio del 2012

### 3.3.9 Orientado a mensajes

Los mensajes a transmitir desde cualquier nodo o unidad de control en una red CAN no contienen la dirección del nodo emisor ni del nodo receptor. La información se descompone en mensajes asignándoles un identificador único y luego se los encapsula, este identificador indica la prioridad del mensaje. El mensaje de mayor prioridad accede al bus, donde cada nodo receptor decide o no aceptar el mensaje, mientras que los mensajes de menor prioridad se retransmitirán automáticamente en los siguientes ciclos de bus.

### 3.3.10 Recepción por Multidifusión (multicast)

*“Todos los nodos de la red reciben el mismo mensaje al mismo tiempo y pueden acceder al bus de forma simultánea con sincronización de tiempos, realizando el mismo procedimiento de filtrado simultáneamente”.* (COSTALES, 2012, pág. 25)

### 3.3.11 Medio compartido (broadcasting)

Por medio de la red toda la información es enviada de forma simultánea, por lo que los nodos o módulos CAN de recepción habrán de saber si la información les concierne o deben rechazarla.

### 3.3.12 Detección y señalización de errores

CAN posee una gran capacidad de detección de errores, y una alta inmunidad a la interferencia electromagnética. Algunos mecanismos de detección de errores son: monitoreo, chequeo de redundancia cíclica, bits de relleno, chequeo de formato de tramas del mensaje. La probabilidad de error de un mensaje es de  $4.7E-11$

### 3.3.13 Retransmisión automática de tramas erróneas

Es una característica que aporta integridad a los datos es decir, CAN garantiza que los nodos CAN, recibirán los mensajes. En el caso de mensajes erróneos se identifican tan pronto como el bus esté libre, por lo que cualquier nodo puede detectar un error. Estos mensajes erróneos se descartan y se retransmiten automáticamente.

Jerarquía multimaestro

*“CAN es un sistema multimaestro en el cual puede haber más de un maestro (o master) al mismo tiempo y sobre la misma red, es decir, todos los nodos son capaces de transmitir, hecho que permite construir sistemas inteligentes y redundantes”.*  
(CALVA CUENCA, 2012, pág. 20)

## 4.0 ESTRUCTURA DE ANALISIS:

### 4.1 Estructura de Capas del Protocolo CAN:

El protocolo CAN, en su especificación ISO 11898, describe como la información será transmitida entre los diferentes dispositivos de una red. A su vez emplea el MODELO OSI simplificado, es decir que utiliza solo las dos capas más bajas que son la Capa Física y la Capa de Enlace.

Capa Enlace de Datos	
LLC (Logical Link Control)	Filtrado de mensajes
	Notificación de sobrecarga
MAC (Medium Access Control)	Proceso de recuperación
	Encapsulamiento/Desencapsulamiento de datos
	Codificación de tramas (bits de relleno)
	Arbitrar el acceso al medio
	Detección de errores
	Señalización de errores
Capa Física	Acuses de recibo
	Serialización/Deserialización
	Sincronización
	Codificación/Decodificación de bits
Bit timing (temporización de bit)	
Características del transmisor/receptor CAN	

**Tabla 1.2:** Estructura de capas del protocolo CAN (ISO 11898)

**Fuente:** CAN in Automation (CiA), <http://www.can-cia.de/index.php?id=161>, 07-Abr-2012

### 4.2 Capa Física

Es la encargada de la transferencia de bits entre los diferentes nodos que componen la red, define el medio físico o como las señales serán transmitidas a través de él. Esta capa especifica algunos aspectos como:

- Niveles de Señal
- Sincronización.
- Codificación/Decodificación de bits.
- Temporización: tiempos en que los bits se transfieren al bus CAN

### 4.3 Medio Físico

El medio físico consiste en un cable de par trenzado y adaptado en los extremos por resistencias que representan la impedancia característica de la línea. En la

especificación básica de CAN, la velocidad máxima de transmisión es de 250 Kbps, mientras que en la versión ampliada alcanza velocidades de 1 Mbps.

La longitud máxima es 1 kilómetro. Se permite utilizar los dispositivos puente o los repetidores para aumentar el número de los nodos del bus que pueden ser conectados, o para aumentar la distancia permitida entre los nodos del bus o para proporcionar el aislamiento galvánico.

#### **4.4 Topología bus**

Es una red lineal, todos los nodos están conectados a un circuito común (bus). La información viaja por el cable en ambos sentidos y tiene en sus dos extremos una resistencia o elemento de cierre para reducir al mínimo las reflexiones.

Si un computador falla, la comunicación se mantiene, no sucede lo mismo si el bus es el que falla. El tipo de cableado que se usa puede ser un par trenzado.

#### **4.5 Tipos de ruidos**

El ruido es la señal acústica, eléctrica o electrónica formada por una mezcla aleatoria de longitudes de onda. El término ruido designa una señal que no contiene información.

Básicamente se presenta tres tipos de ruidos a saber:

##### **4.5 “Ruido Conductivo Asociado a los cables de conexión de retornos,** *principalmente de sensores, fuentes y elementos de potencia.*

*Se debe a la impedancia de los cables de conexión; la impedancia de los cables debe tomarse en cuenta al diseñar el esquema de alumbrado para el sistema de medición, (jamás se debe unir los cables de retorno).*

**Solución:** *“Aislar los retornos”, sensor y carga, deben tener conexión a tierra diferente.*

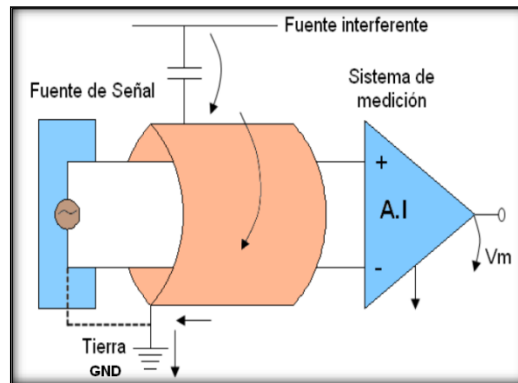
*El ruido conductivo puede minimizarse eliminando los lazos de tierra en las conexiones entre la fuente de señal y el sistema de medición, separando los retornos de las señales de baja potencia y las de alta potencia en el diseño” (PEREZ, 2006, pág. 2).*

**Solución:** Para disminuir el ruido capacitivo es necesario emplear una guarda o pantalla capacitiva.

La guarda o pantalla debe ser de aluminio adaptable, no cobre debido a que se parte.

Una guarda capacitiva consiste de una cubierta metálica que envuelve a los cables de señal y facilita un camino para la corriente de ruido inducida, de modo que esta no llegue a circular por los cables.

En la Figura se observa la conexión adecuada de la guarna, la misma que se ha aterrado solo un extremo” (PEREZ, 2006, pág. 3).



**FIGURA 1.4:** Colocación de la guarda capacitiva, para evitar el Ruido Capacitivo

**Fuente:** Ing. Leonel Pérez, Microcontroladores I, UDA 2006

La guarda debe ser colocada entre los conductores (2 cables de señal).

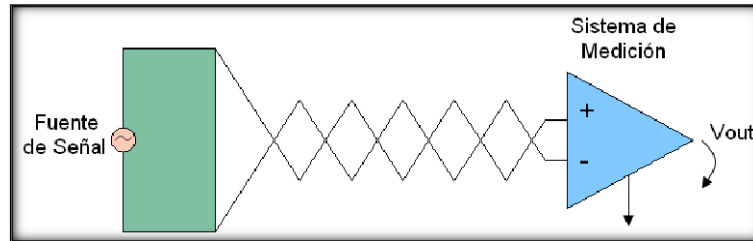
Es importante saber que únicamente uno de los extremos de la guarda debe ser conectado a tierra, porque al ser conectados ambos extremos, es posible que circulen por la guarda corrientes significativas que generarán una diferencia de potencial entre ambos extremos de la misma.

**“Ruido Inductivo** Es el campo magnético no deseado (interferente).

El ruido inductivo en los sistemas de medición es ocasionado por campos magnéticos variables.

Los campos magnéticos pudieran ser generados por la circulación de corrientes en circuitos ruidosos cercanos.

**Solución:** Reducir el área encerrada en el circuito de señal, trenzando los cables que conectan la fuente de señal con el sistema de medición” (PEREZ, 2006, págs. 4-5).



**FIGURA 1.5:** Trenzado para minimizar el campo próximo a un circuito

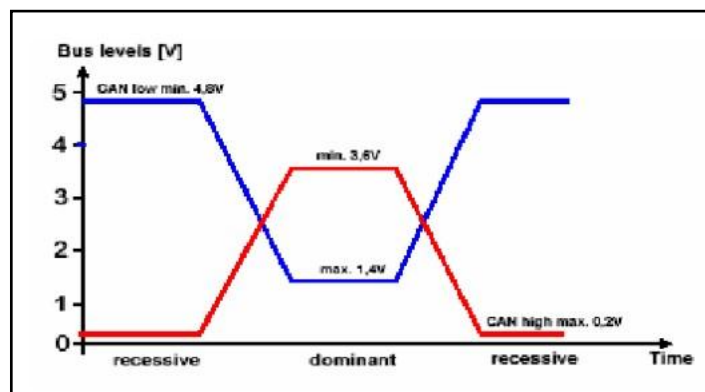
**Fuente:** Ing. Leonel Pérez, Microcontroladores I, UDA 2006

#### 4.6 Nivel de Señal

El uso de voltajes diferenciales permite que las redes CAN funcionen cuando una de las líneas de señales es separada; con lo que cada nodo conectado al bus interpreta dos niveles lógicos:

**“Dominante.:** la tensión diferencial ( $CAN\_H - CAN\_L$ ) es del orden 2.0 V con  $CAN\_H = 3.5V$  Y  $CAN\_L = 1.5V$  (nominales); equivale al nivel lógico cero.

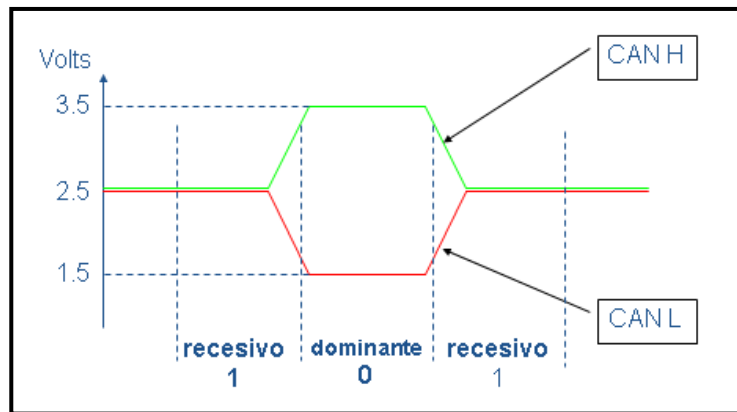
**Recesivo:** la tensión diferencial ( $CAN\_H - CAN\_L$ ) es del orden 0 V con  $CAN\_H = CAN\_L = 2.5V$  (nominales); equivale a nivel lógico uno”. (LOPEZ, 2012, pág. 15)



**FIGURA 1.6:** Niveles de tensión (estándar ISO11519).

**Fuente:** [www.dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9136/1/T11576.pdf](http://www.dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9136/1/T11576.pdf),  
07-Abr-2012





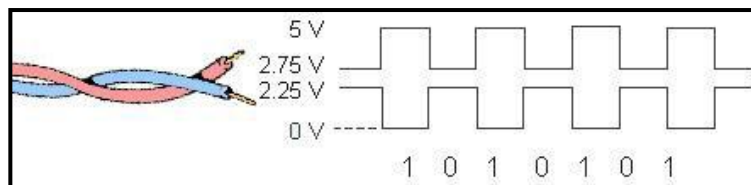
**FIGURA 1.7:** Niveles absolutos de líneas respecto Tierra, estándar (ISO 11898)

**Fuente:** [www.dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9136/1/T11576.pdf](http://www.dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9136/1/T11576.pdf), 07-Abr-2012

## 4.7 Componentes del Medio Físico

### 4.7.1 Cableado

“De acuerdo a los estándares ISO 11898-2 y 3, SAE J2411 e ISO 11992 se emplea cable UTP o STP” (CALVA CUENCA, 2012, pág. 27), que constituyen la transmisión de línea, y son dos hilos paralelos, trenzados y/o blindados, según los requerimientos electromagnéticos. Los cables se suelen llamar CAN\_H en donde el valor de tensión oscila entre 2,75 a 5V y CAN\_L entre 0 a 2,25V.



**FIGURA 1.8:** Medio de transmisión eléctrica (par trenzado).

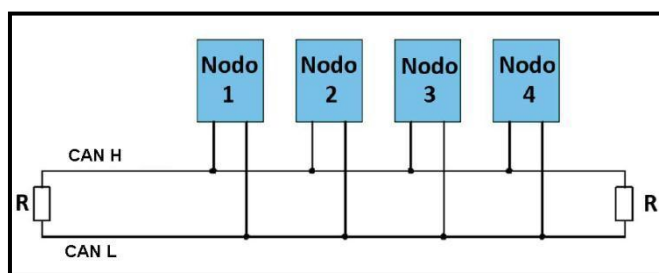
**Fuente:** <http://www.arcan.es>, 07-Abr-2012

En caso de que se interrumpa la línea CAN High o que se derive a tierra, el sistema trabajará con la señal de CAN Low con respecto a tierra, en el caso de que se interrumpa la línea CAN Low, ocurrirá lo contrario. Esta situación permite que el sistema siga trabajando con uno de los cables cortados o comunicado a tierra.

El sistema queda fuera de servicio únicamente cuando ambos cables se cortan.

#### 4.7.2 Resistencia de fin de línea

También conocidos como elementos de cierre. “Son resistencias conectadas a los extremos de los cables H y L. Permiten adecuar el funcionamiento del sistema a diferentes longitudes de cables y número de unidades de control abonadas, ya que impiden fenómenos de reflexión que pueden perturbar el mensaje produciendo errores en la transmisión” (RUEDA, 2005, pág. 824). Para conseguir esto, estas resistencias deben ser de  $120\Omega$  a  $1000\Omega$ , con una potencia de disipación de 0.25W. Estas resistencias están alojadas en el interior de las unidades de control del sistema por cuestiones de economía y de seguridad de funcionamiento.

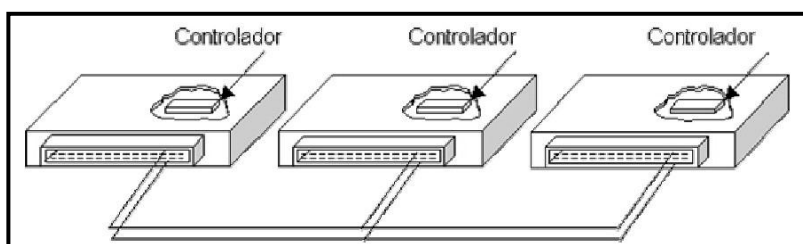


**FIGURA 1.9:** Elementos de Cierre

**Fuente:** [www.dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9136/1/T11576](http://www.dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9136/1/T11576) Visitado 10 Sep. 2012

#### 4.7.3 Controlador

Permite la conexión física y funcional entre el microprocesador de la unidad de control y el transceptor. El controlador está situado en la unidad de control, trabaja con niveles de tensión muy bajos en el orden de milivoltios y determina la velocidad de transmisión de los mensajes, dependiendo de las necesidades de la transmisión de datos.

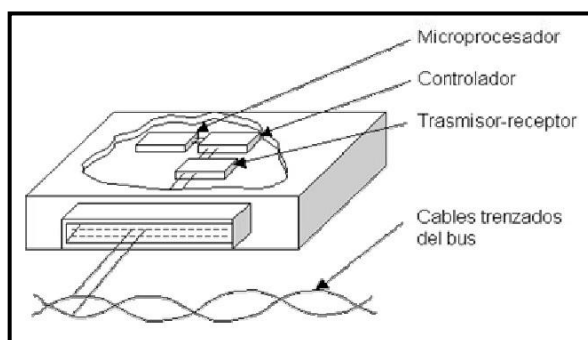


**FIGURA 1.10:** Ubicación del controlador.

**Fuente:** <http://www.canbus.galeon.com/electronica/canbus.htm>, Visitado 10 Septiembre 2012

#### 4.7.4 Transceptor (Transmisor-receptor)

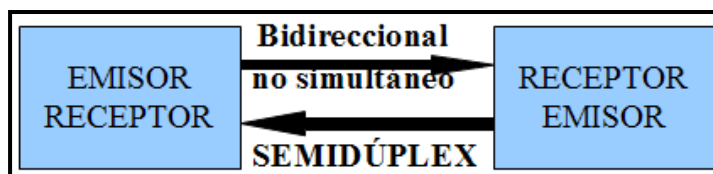
El transceptor o transceiver, es un elemento acondicionador de señales en tensión, para lo cual emplea amplificadores de señal para que pueda ser utilizada por los controladores, y no modifica el contenido del mensaje. Une el controlador mediante los terminales Rx y Tx con el bus mediante sus terminales CAN\_H y CAN\_L. El transceptor es un circuito integrado que está situado en cada una de las unidades de control conectadas a la Red, trabaja con una corriente de 500 mA.



**FIGURA 1.11:** Ubicación del Tranceptor.

**Fuente:** <http://www.canbus.galeon.com/electronica/canbus.htm>, Visitado 10 Septiembre 2012

La comunicación que provee un transceptor solo puede ser Semiduplex, lo que significa que pueden enviarse señales entre dos terminales en ambos sentidos, pero no simultáneamente, es decir un nodo no podría transmitir si los otros nodos están también transmitiendo porque su transceptor estaría recibiendo en ese momento el mensaje.



**FIGURA 1.12 :** Sistema de Comunicación Semiduplex del Tranceptor. **Fuente:** <http://yeimi-redeslocales.blogspot.com>, Visitado 03 febrero 2013

## 4.8 Capa de Enlace

La capa de enlace de datos o protocolo CAN de acuerdo al modelo de referencia OSI describe como la información será transmitida entre los diferentes nodos de la RED para lo cual realiza el control de acceso al medio, el control lógico para la transmisión de los mensajes, los métodos de confinamiento y detección de errores.

## 5.0 CRITERIOS DE VALIDEZ:

### 5.1 Control de Enlace Lógico “Logical link Control LLC”

Esta subcapa define las siguientes tareas:

*“Filtrado de mensajes: el identificador de una trama no especifica el destino de un mensaje solo define su contenido, a través del filtrado, los receptores activos en el sistema determinan si el mensaje deberá ser o no procesado”.* (COSTALES, 2012, págs. 4-5)

*“Notificación de sobrecarga: en el caso de que un receptor requiera de un retraso en la transmisión de la siguiente trama, la subcapa LLC emite una trama de sobrecarga. Solo se pueden generar como máximo dos tramas de sobrecarga”* (COSTALES, 2012, págs. 4-5).

*Proceso de recuperación: cuando se pierden tramas o se pierde el arbitraje, se presentan errores en la transmisión, el protocolo proporciona la capacidad de retransmisión automática de tramas”.* (COSTALES, 2012, págs. 4-5)

### 5.2 Control de Acceso al Medio “Medium Access Control MAC”

El Control de acceso al medio es la función principal del protocolo CAN, se usa para arbitrar qué nodo tiene el derecho para acceder a transmitir un mensaje en la red. Además impide que dos o más nodos intenten transmitir datos al mismo tiempo.

Las funciones de la subcapa MAC incluyen:

5.2.1.1.1 Encapsulamiento/Desencapsulamiento de datos

- 5.2.1.1.2 Codificación de tramas (bits de relleno)
- 5.2.1.1.3 Arbitrar el acceso al medio
- 5.2.1.1.4 Detección de errores
- 5.2.1.1.5 Señalización de errores
- 5.2.1.1.6 Acuses de recibo
- 5.2.1.1.7 Serialización/Deserialización

La Técnica de acceso al medio empleada por el protocolo CAN se conoce como: Acceso Múltiple por detección de portadora, con detección de colisiones y arbitraje por prioridad de mensaje (CSMA/CD+AMP, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration Message Priority).

El acceso al medio es el conjunto de reglas que definen la forma en que una unidad de control coloca los datos en la red y toma los datos del bus. Una vez que los datos están en la red, los métodos de acceso ayudan a regular el flujo del tráfico de la red.

La técnica se describe de la siguiente forma:

Cada uno de los nodos de la red que quiere transmitir un mensaje comprueba el estado del bus (activo o inactivo) para detectar el tráfico de la red, a esto se le conoce como detección de portadora. Un nodo considera que el bus está libre si el campo de interrupción de la trama en transmisión no ha sido interrumpido por un bit dominante.

Cuando esta condición se cumple dichos nodos transmiten un bit de inicio que es “acceso múltiple”. Cada nodo lee el bus bit a bit durante la transmisión de la trama y compara el valor transmitido con el valor recibido; mientras los valores sean idénticos, una vez que el nodo ha transmitido los datos al bus, ningún otro nodo podrá transmitir datos hasta que éstos hayan llegado a su destino y el bus vuelva a estar libre.

Luego de un período de inactividad, cada nodo de la red, tiene la misma oportunidad de enviar un mensaje. Como la transmisión de datos por parte de los nodos, se da de una forma aleatoria puede darse el caso de que varios nodos empiecen una transmisión de una trama simultáneamente, el conflicto se resuelve por un “Proceso de Arbitraje” no destructivo en el “Campo de Arbitraje” de la trama CAN.

El campo de arbitraje está compuesto por el “Identificador de Trama” y por el “Bit de Solicitud Remota de Transmisión” RTR (Remote Transmission Request) el cual es usado para diferenciar entre una “Trama de Datos” y una “Trama de Solicitud de Datos”. En el formato básico de la trama su identificador de trama contiene 11 bits.

El arbitraje no destructivo *se define mediante una operación idéntica a la de una operación lógica AND, “Para conseguir un 1 lógico en el bus es necesario que todos los nodos transmitan un 1, mientras que para tener un 0 lógico es suficiente que un solo nodo transmita un 0. Por tanto un nivel 0 es llamado dominante, y un nivel 1 recesivo”*. (CAPÍTULO 2, 2012, pág. 2)

De esta forma el bus estará en nivel recesivo mientras se encuentre desocupado (permanece libre solo cuando ningún nodo se encuentra transmitiendo).

NODO			BUS
1	2	3	
D	D	D	D
D	D	R	D
D	R	D	D
D	R	R	D
R	D	D	D
R	D	R	D
R	R	D	D
R	R	R	R

→ Bus libre

“1” = R = bit recesivo  
(nodo no transmisor)

“0” = D = bit dominante  
(bus ocupado por un nodo transmisor)

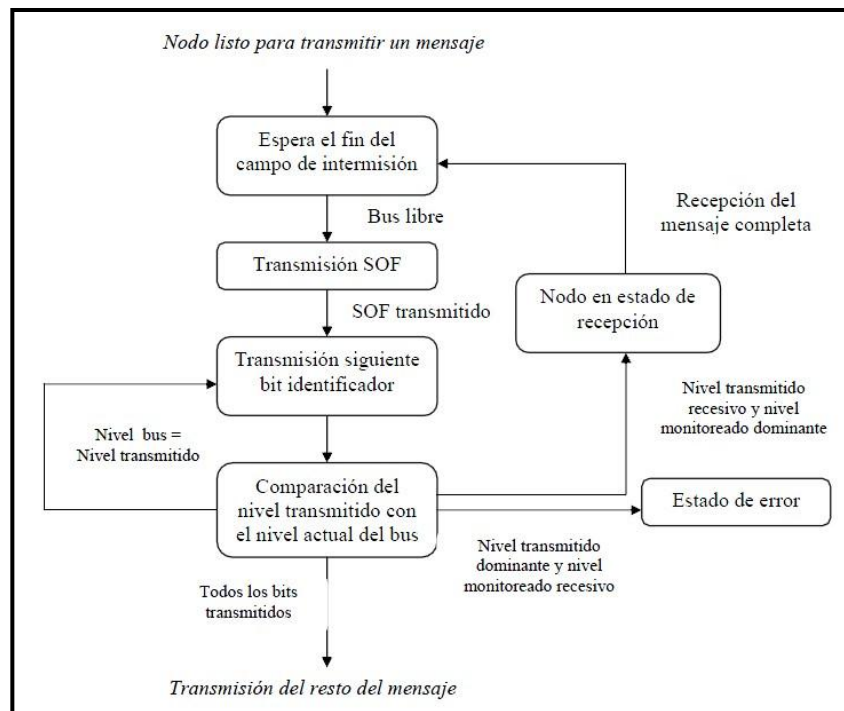
**FIGURA 1.13:** Estados lógicos del bus CAN

**Fuente:** <http://repositorio.espe.edu.ec//T-ESPE-012673.pdf>, Visitado 08 feb 2012

Para que un nodo inicie una transmisión de una trama debe transmitir un Bit de inicio de trama en estado dominante “SOF” (Start of Frame).

*“Si un nodo quiere iniciar una transmisión de una trama y el bus está ocupado debe esperar a que finalice el “campo de intermisión” es decir esperar un espacio entre tramas de al menos 3 bits recesivos del nodo que está transmitiendo en ese instante, lo que indicará que el bus se encuentra nuevamente libre”*. (VERGARA, 2012, pág. 52)

Cuando un nodo transmite un bit recesivo y al mismo tiempo monitorea un bit dominante en el bus detiene su transmisión y se convierte en nodo receptor ya que entiende que un mensaje con mayor prioridad ha accedido al bus y se queda en espera de que el bus se encuentre nuevamente libre.



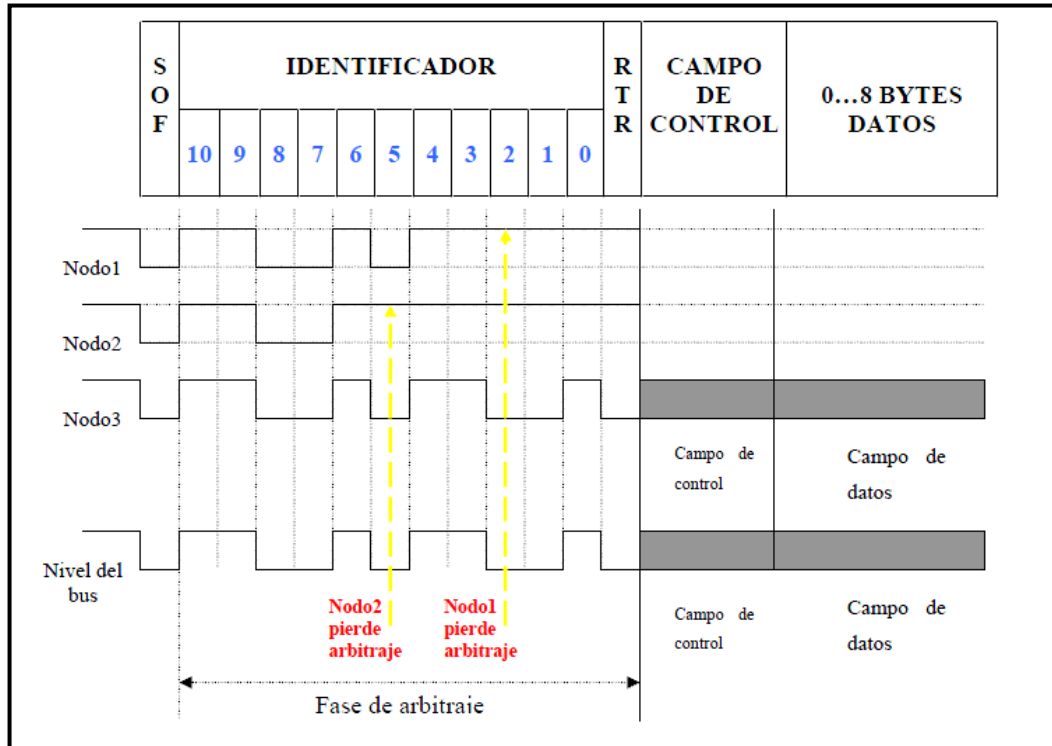
**FIGURA 1.14:** Proceso de arbitraje del bus CAN

**Fuente:** <http://repositorio.espe.edu.ec/T-ESPE-012673.pdf>, Visitado 08 feb 2012

El nodo que gana el acceso al bus se convierte en el nuevo maestro del sistema hasta que otro nodo gane el acceso al bus, mediante esta fase de arbitraje de bus se asegura que solamente un nodo pueda estar actuando como transmisor en el bus y que a su vez sea el nodo que contiene el mensaje de mayor prioridad.

### 5.3 Secuencia de un Proceso de Arbitraje del Bus CAN entre tres nodos

Los nodos 1, 2 y 3 inician el proceso de transmisión de tramas de datos al mismo tiempo, durante la transmisión cada nodo emisor comprueba en cada bit dentro del campo de arbitraje si todavía está autorizado para transmitir. El nodo 2 pierde acceso en el bit 5, ocurre lo mismo con el nodo 1 pierde el arbitraje en el bit 2. Bajo estas condiciones el bit RTR “Remote Transmisión Request Frame” define como dominante para la trama de datos al nodo 3 y recesivo para las dos tramas remotas de los dos nodos 1 y 2 resolviendo la colisión; consecuentemente solo el nodo 3 continúa con el proceso de transmisión y recibe acceso al bus al final de la fase de arbitraje y por tanto solo éste nodo puede transmitir su trama sobre el bus.



**FIGURA 1.15:** Proceso de arbitraje del bus CAN con 3 nodos simultáneos

**Fuente:** <http://repositorio.espe.edu.ec/T-ESPE-012673.pdf>, Visitado 12 feb 2012

## 5.4 Formato de Tramas

El protocolo CAN tiene dos formatos para transmitir datos: El formato de trama estándar, según la especificación CAN2.0A y el formato de trama extendida, según la especificación CAN 2.0B. La diferencia principal entre ellos es la longitud de identificador de mensaje (ID); que en el caso de la trama estándar es de 11 bits (2032 identificadores) y en el caso de la extendida es de 29 bits (más de 536 millones de identificadores).

## 5.5 Tipos de Trama

El protocolo CAN distingue cuatro tipos de tramas:

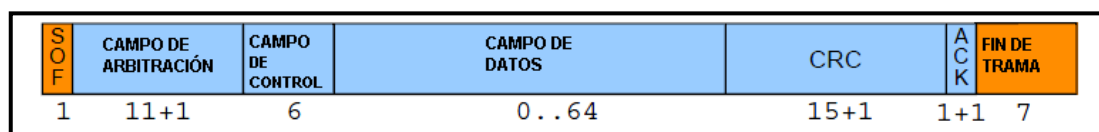
### 5.5.1 Trama de Datos

Es la Información útil que se transmite en "broadcast" a todos los demás nodos, puede incluir entre 0 y 8 Bytes o (0 a 64 bits) de información.

La trama de datos en formato estándar está formada por los siguientes campos de bit:



Inicio de trama (SOF), Campo de arbitraje, Campo de Control, Campo de Datos, Campo CRC, Campo de Acuse de Recibo (ACK) y Campo de Fin de Trama (EOF).



**FIGURA 1.16:** Formato de trama de datos.

**Fuente:** [www.dspace.epn.edu.ec/T11576.pdf](http://www.dspace.epn.edu.ec/T11576.pdf), Visitado 12 feb 2012

**Inicio de trama (SOF, Start frame):** Un solo bit dominante, que indica el inicio de la transmisión, su flanco descendente es utilizado por las unidades de control para sincronizarse entre sí.

**Campo de arbitraje (Arbitration Field):** Formado por 12 bits, Los 11 bit de este campo se emplean como identificador (ID) que permite reconocer a las unidades de control la prioridad del mensaje. Cuanto más bajo sea el valor del identificador más alta es la prioridad del mensaje y 1 bit el RTR (Remote Transmission Request) que indica si el mensaje a transmitir es una trama de datos (RTR=0 dominante) o una trama remota sin datos (RTR=1 recesivo). Una trama de datos siempre tiene una prioridad más alta que una trama remota.

**“Campo de control (Control Field):** Compuesto por 6 bits; 1 bit de IDE (Identifier extension bit) que indica si la trama es estándar (IDE=0) o extendida (IDE=1), 1 bit dominante R0 usado para futuras expansiones del sistema y 4 bits de DLC (Data Length Code) que indica el número de bytes a transmitir en el campo de datos”. (CALVA CUENCA, 2012, pág. 37)

**Campo de datos (data field):** Es la información del mensaje con los datos que la unidad de mando introduce en el Bus. Su tamaño varía entre 0 y 8 bytes (0 y 64bits).

**Campo de chequeo de errores (CRC, Cyclic redundant code):** Tiene una longitud de 16 bits, 15 bits usados por el receptor para la detección de errores y el último bit (recesivo) que delimita el campo CRC.

**Campo de aceptación (ACK, aknowledge field):** Formado por 2 bits ACK- slot y ACK-delimiter que son transmitidos como recesivos. El campo ACK está compuesto por dos bit que son siempre transmitidos como recesivos (1).

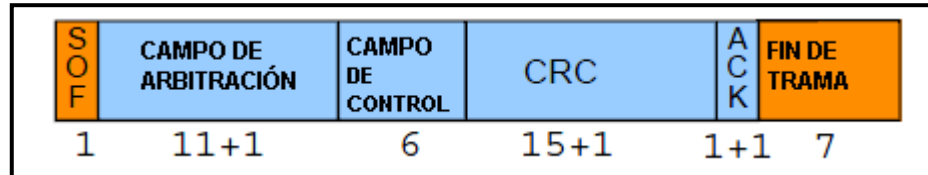
El primero de estos bits se sobre escribe por un bit dominante (0) de reconocimiento transmitido por todas las unidades de control que reciben el mismo CRC, de forma que la unidad de mando que está todavía trasmitiendo reconoce que al menos alguna unidad de mando ha recibido un mensaje escrito correctamente. De no ser así, la unidad de mando trasmisora interpreta que su mensaje presenta un error.

**Fin de trama (EOF):** Cada trama de datos y remota es delimitada por una secuencia de 7 bits recesivos que indican el final de la trama.

*“Espacio entre tramas (IFS): consta de mínimo tres bit recesivos”.* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 38)

### 5.5.2 Trama Remota

Es usada por los nodos receptores para solicitar a un nodo transmisor la transmisión de una trama de datos del mismo identificador de la remota; el nodo que disponga de la información definida por el identificador transmitirá una trama de datos.



**FIGURA 1.17:** Formato de trama remota.

**Fuente:** [www.dspace.epn.edu.ec/T11576.pdf](http://www.dspace.epn.edu.ec/T11576.pdf), Visitado 12 feb 2012

El formato es el mismo que la trama de datos pero con el bit RTR recesivo. No incluye datos. El identificador es el del mensaje que se solicita, el campo longitud corresponde a la longitud de ese mensaje.

### 5.5.3 Trama de Error

Usada para señalar un error detectado por un nodo del bus ya sea en la transmisión o recepción.

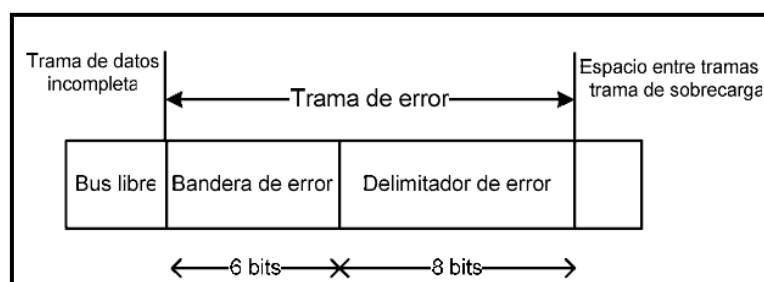
Consiste en dos campos: Bandera de error ("Error Flag") y Delimitador de error.

## Bandera de Error

Existen dos formas de representar una bandera de error, la **Bandera de error activo** que está formado por seis bits dominantes consecutivos, y la **Bandera de error pasivo** que está formado por seis bits recesivos a menos que éstos estén sobrescritos por bits dominantes de otros nodos.

## Delimitador de Error

*“Formado por ocho bits recesivos. Después de la transmisión de una bandera de error, el nodo transmite bits recesivos y monitorea el bus hasta que detecta un bit recesivo luego del cual empieza a transmitir siete bits recesivos más. A través de este método el nodo puede determinar si fue el primero en transmitir una bandera de error y con ello detectar una condición de error”.* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 39)



**FIGURA 1.18:** Formato de trama de error.

**Fuente:** [www.dspace.epn.edu.ec/T11576.pdf](http://www.dspace.epn.edu.ec/T11576.pdf), Visitado 12 feb 2012

### 5.5.4 Trama de Sobrecarga

Es usada para proveer un retardo extra entre dos tramas de datos o de solicitud remota, también sirve para señalar una condición específica de error.

El protocolo CAN permite generar únicamente dos tramas de sobrecarga para retrasar la transmisión de la siguiente trama:

*“Detección de un bit dominante durante los primeros dos bits del campo de intermisión. La detección de un bit dominante en el tercer bit del campo de intermisión se interpreta como un SOF.*

*Cuando un receptor detecta un bit dominante en el último bit del campo EOF; o cuando un nodo, receptor o transmisor, detecta un bit dominante en el último bit del delimitador de una trama de error”. (CALVA CUENCA, 2012, pág. 40)*

## **5.6 Espacio entre Tramas**

Separa una trama de la siguiente trama y ha de constar de al menos 3 bits recesivos, esta secuencia de bits se denomina "campo de intermisión". Una vez transcurrida esta secuencia un nodo puede iniciar una nueva transmisión o el bus permanecerá en reposo. Para un nodo en estado de error pasivo la situación es diferente, deberá esperar una secuencia adicional de 8 bits recesivos antes de poder iniciar una transmisión. De esta forma se asegura una ventaja en inicio de transmisión a los nodos en estado activo frente a los nodos en estado pasivo.

## **5.7 Validación de Tramas**

- **“Transmisor:** *La trama es válida si no existen errores hasta el final del campo EOF.*
- **Receptor:** *La trama es válida si no existen errores hasta el siguiente bit después del campo EOF”.* (CALVA CUENCA, 2012, pág. 42)

## CAPITULO 2

### APLICACIÓN DE LA COMUNICACIÓN BUS CAN



**FIGURA 2.1:** Vehículo SUNLONG

**Fuente:** Dpto. Calidad, BUSSCAR DE COLOMBIA, febrero de 2016

## 6. DISEÑO METODOLOGICO:

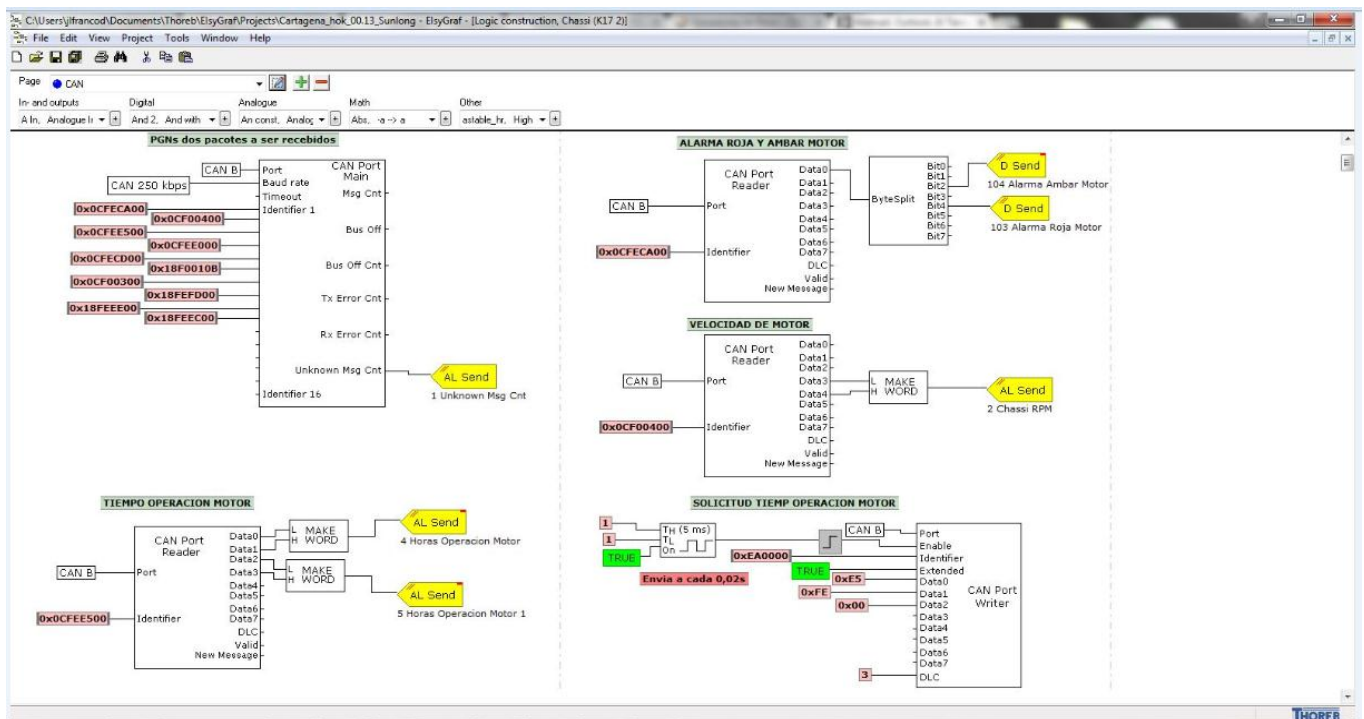
### 6.1 DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

- **OBJETIVO:** Establecer el tema de investigación, tiempo y espacio.  
**ACTIVIDAD:** Visitas a la biblioteca de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- **OBJETIVO:** Analizar cuál es el objeto/ sujeto / proceso y las consecuencias.  
**ACTIVIDAD:** Consultoría para plantear la formulación y definición de los alcances.
- **OBJETIVO:** Causas principales y planteamiento de los objetivos.  
**ACTIVIDAD:** Análisis de las principales causas y desarrollo.
- **OBJETIVO:** Estado del arte, analizar historia.  
**ACTIVIDAD:** Revisión bibliográfica.
- **OBJETIVO:** Método de análisis y criterios de confiabilidad.  
**ACTIVIDAD:** Recopilación bibliográfica, herramientas teóricas.
- **OBJETIVO:** Desarrollo de la investigación.  
**ACTIVIDAD:** Análisis de las variables, mediciones y tablas.
- **OBJETIVO:** Aplicación de la teoría  
**ACTIVIDAD:** Trabajo de campo y manejo de software.

## 6.1. APLICACIÓN BUS CAN:

### 6.1.1 SOFTWARE ELSY GRAFF:

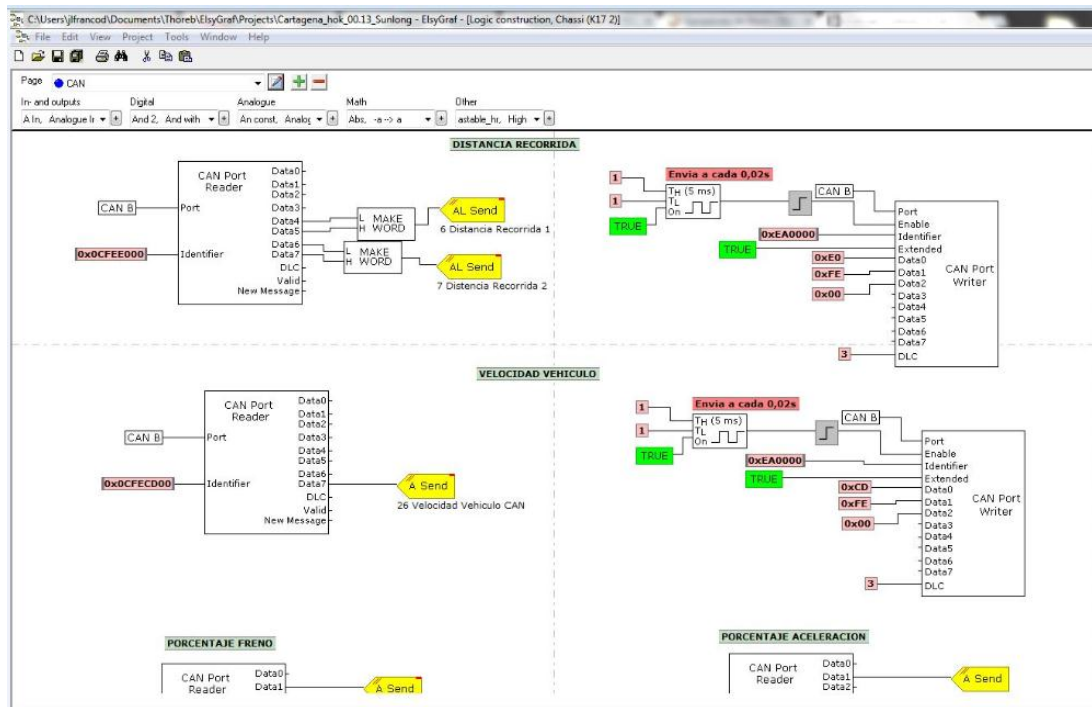
ELSY Graf se utiliza para crear o editar la lógica de control para cada nodo en la red ELSY. Las condiciones lógicas para el sistema eléctrico se configuran mediante símbolos gráficos en vez de código de programación críptico. Sólo tienes que arrastrar y soltar los símbolos gráficos para configurar cualquier condición lógica deseada. ELSY Graf ofrece soluciones alternativas para muchas tareas lógicas comunes, tales como el control de puertas, iluminación, limpiaparabrisas, etc. Elsy Graf también hace más fácil la documentación de instalaciones, lo cual es beneficioso en todas las etapas del ciclo de vida de un vehículo.



**FIGURA 2.2:** Programación modulo Thoreb para recibir señales chasis.

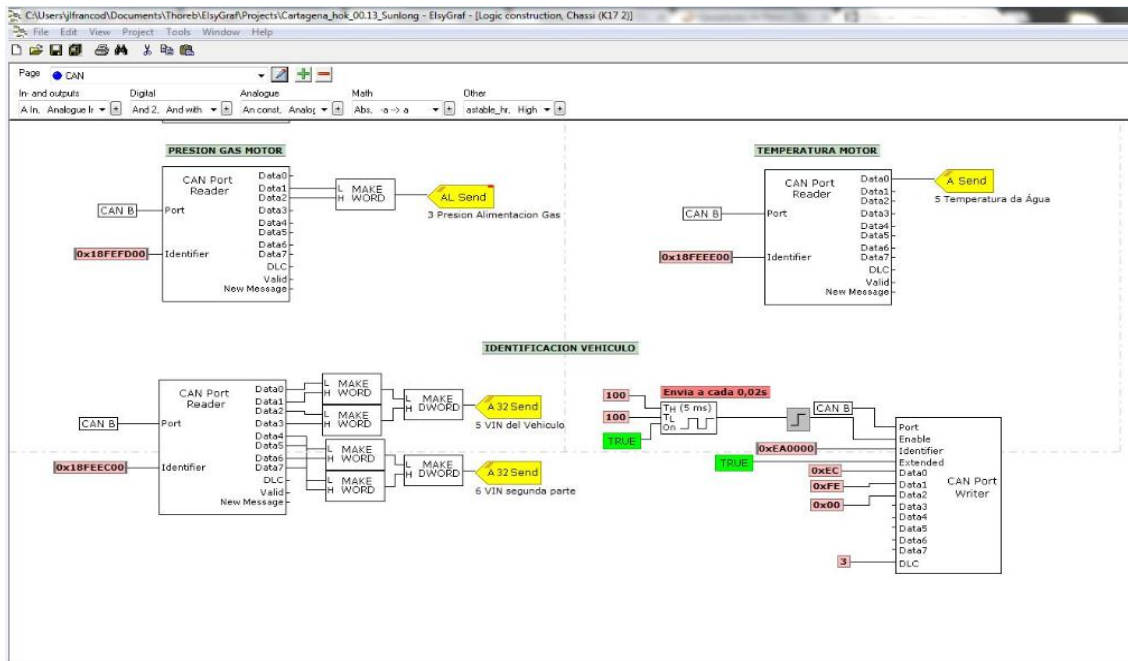
**Fuente:** Dpto. Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, marzo 12 de 2016.

- Por medio del software ELSY GRAF, se desarrolla una lógica compuesta de solicitud de paquetes de señales al chasis del vehículo y simultáneamente se toman los paquetes de los distintos módulos del chasis que envían información, así mismo se realiza una lógica Booleana para empaquetar correctamente la información recibida y enviada al módulo de carrocería para su gestión.



**FIGURA 2.3:** Programación Thoreb para escribir paquetes de solicitud al chasis.

**Fuente:** Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, marzo 12 de 2016.

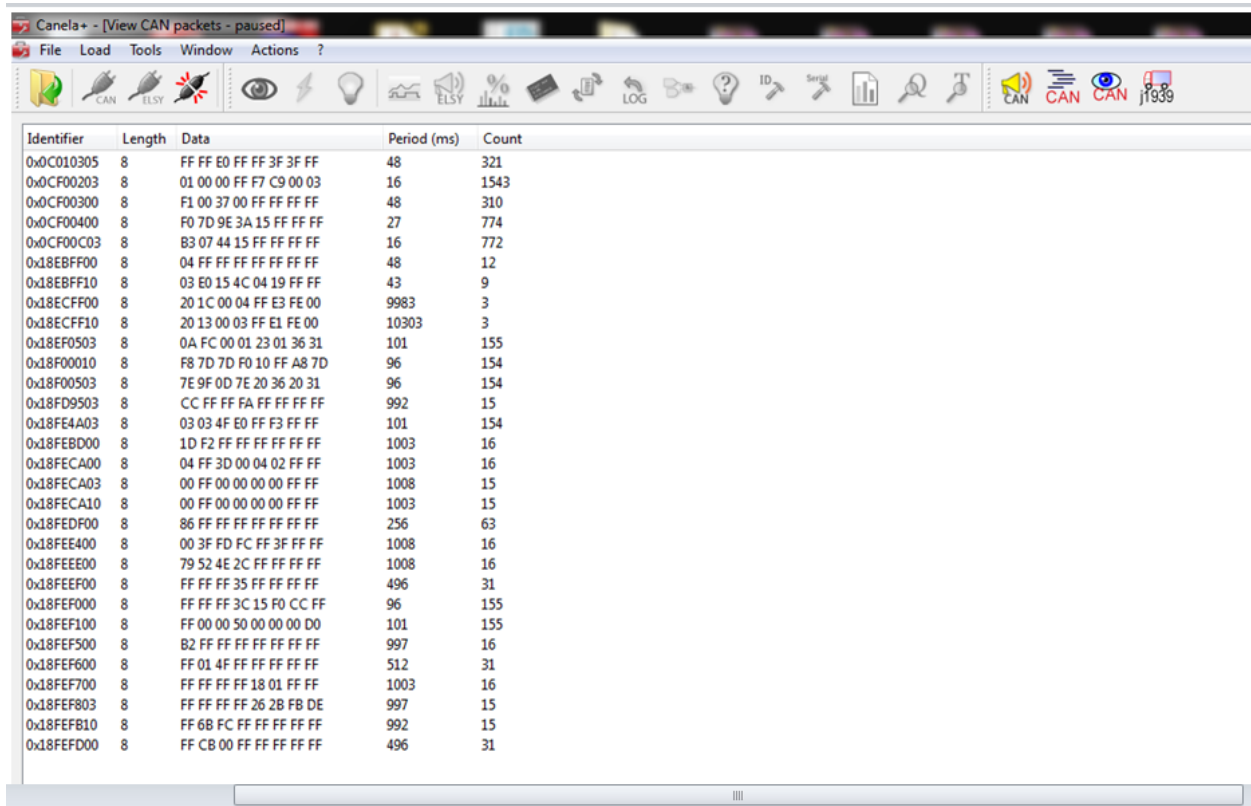


**FIGURA 2.4:** Programación módulo Thoreb para empaquetar la información del chasis.

**Fuente:** Dpto. Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, marzo 12 de 2016.

## 6.1.2 SOFTWARE CANELA:

Canela + es una aplicación que se utiliza para la localización de fallos en el sistema eléctrico de un vehículo. También es posible cargar el software de Thoreb con nodos mediante el uso de Canela +. Con la aplicación que funciona para unidades que se comunican a través de CAN, elsyCAN y / o el protocolo ELSY.



Identifier	Length	Data	Period (ms)	Count
0x0C010305	8	FF FF E0 FF FF 3F FF	48	321
0x0CF00203	8	01 00 00 FF F7 C9 00 03	16	1543
0x0CF00300	8	F1 00 37 00 FF FF FF FF	48	310
0x0CF00400	8	F0 7D 9E 3A 15 FF FF FF	27	774
0x0CF00C03	8	B3 07 44 15 FF FF FF FF	16	772
0x18EBFF00	8	04 FF FF FF FF FF FF FF	48	12
0x18EBFF10	8	03 E0 15 4C 04 19 FF FF	43	9
0x18ECFF00	8	20 1C 00 04 FF E3 FE 00	9983	3
0x18ECFF10	8	20 13 00 03 FF E1 FE 00	10303	3
0x18EF0503	8	0A FC 00 01 23 01 36 31	101	155
0x18F00010	8	F8 7D 7D F0 10 FF A8 7D	96	154
0x18F00503	8	7E 9F 0D 7E 20 36 20 31	96	154
0x18FD9503	8	CC FF FF FA FF FF FF FF	992	15
0x18FE4A03	8	03 03 4F E0 FF F3 FF FF	101	154
0x18FEBD00	8	1D F2 FF FF FF FF FF FF	1003	16
0x18FECA00	8	04 FF 3D 00 04 02 FF FF	1003	16
0x18FECA03	8	00 FF 00 00 00 00 FF FF	1008	15
0x18FECA10	8	00 FF 00 00 00 00 FF FF	1003	15
0x18FEDF00	8	86 FF FF FF FF FF FF FF	256	63
0x18FEE400	8	00 3F FD FC FF 3F FF FF	1008	16
0x18FEEED0	8	79 52 4E 2C FF FF FF FF	1008	16
0x18FEEF00	8	FF FF FF 35 FF FF FF FF	496	31
0x18FEF000	8	FF FF FF 3C 15 F0 CC FF	96	155
0x18FEF100	8	FF 00 00 50 00 00 00 D0	101	155
0x18FEF500	8	B2 FF FF FF FF FF FF FF	997	16
0x18FEF600	8	FF 01 4F FF FF FF FF FF	512	31
0x18FEF700	8	FF FF FF FF 18 01 FF FF	1003	16
0x18FEF803	8	FF FF FF FF 26 28 FB DE	997	15
0x18FEF810	8	FF 6B FC FF FF FF FF FF	992	15
0x18FEFD00	8	FF CB 00 FF FF FF FF FF	496	31

**Tabla 2.1:** Paquetes de información CAN del módulo motor I.

**Fuente:** Dpto. Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, marzo 12 de 2016.



- Canela + se debe instalar en un ordenador portátil (se utiliza como ordenador de servicio). Con el fin de conectar el ordenador portátil del sistema eléctrico, una interfaz de comunicación (por ejemplo, el vehículo Thoreb Se necesita Interface, TVI).

Packet	Variable	Value	Raw
EBCL_A			
EEC1	ActualEnginePercentTorqueHR	Not available	15
	EngineAndRetarderTorqueMode	Low idle governor	0
	DriversDemandEnginePercentTorque	0 %	125
	ActualEnginePercentTorque	20 %	145
	EngineSpeed	806.875 rpm	6455
	SourceAddressControllingDevice	Take no action	255
	EngineStarterMode	-	255
	EngineDemandPercentTorque	Not available	255
EEC2	AcceleratorPedal2LowIdleSwitch	Not available	3
	RoadSpeedLimitStatus	-	3
	AcceleratorPedalKickdownSwitch	Passive	0
	AcceleratorPedalLowIdleSwitch	In low idle condition	1
	AcceleratorPedalPosition	0 %	0
	PercentLoadAtCurrentSpeed	34 %	34
	RemoteAcceleratorPedalPosition	0 %	0
	AcceleratorPedalPosition2	Not available	255
	VehicleAccelerationRateLimitStatus	Not available	3
EngineHoursRevolutions	TotalEngineHours	-	0
	TotalEngineRevolutions	-	0
EngineTemperature	EngineCoolantTemperature	-	119
	FuelTemperature	-	95
	EngineOilTemperature	-	11224
	TurboOilTemperature	-	65535
	EngineIntercoolerTemperature	-	255
	EngineIntercoolerThermostatOpen...	-	255
EngineFluidLevelPressure	FuelDeliveryPressure	-	255
	ExtendedCrankcaseBlowByPressure	-	255
	EngineOilLevel	-	255
	EngineOilPressure	-	69
	CrankcasePressure	-	65535
	CoolantPressure	-	255
	CoolantLevel	-	255
ETC1			
ETC2			
Blumination			
TimeDate			

**Tabla 2.2:** Información generada por el modulo motor I.

**Fuente:** Dpto. Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, marzo 12 de 2016.

- Los nodos Thoreb están programados para diferentes tareas, dependiendo de la ubicación en el vehículo. Cada nodo tiene un número de entradas y salidas. Cada entrada está asociada con un número de función, que explica lo que está conectado a la entrada. Cada función de las entradas y sus números están incluidos en ELSY y el protocolo Elsy CAN. Las entradas de los nodos y salidas pueden ser estudiados y probados en un número de maneras mediante el uso de Canela +. Canela + can también puede usarse para probar otras unidades pueden, por ejemplo, mediante el envío de paquetes a ellos y estudiar su comunicación.

Packet	Variable	Value	Raw
PTOInformation	HydraulicRetarderOilTemperature	-	105
ERCI	RetarderEnableShiftAssistSwitch	-	3
	RetarderEnableBrakeAssistSwitch	Not available	3
	RetarderTorqueMode	Torque limiting	8
	ActualRetarderPercentTorque	0 %	125
	IntendedRetarderPercentTorque	0 %	125
	RetarderRequestingBrakeLight	Not active	0
	EngineCoolantLoadIncrease	-	0
	SourceAddressControllingDevice	16	16
	DriversDemandRetarderPercentTorque	-	255
	RetarderSelection	-	228
	ActualMaxAvailableRetarderPercentTorque	-	125
DashDisplay			
FuelEconomy			
HighResolutionVehicle...	TotalVehicleDistance	0 km	0
	TripVehicleDistance	0 km	0
CMI			
TSC1			
Volvo_PTO	PowerTakeoffSpeed	799.625 rpm	6397
	PTOEnabledSwitch	Off	0
	PTOAccelerateSwitch	Not available	3
	PTOResumeSwitch	Off	0
	PTOCoastDecelerateSwitch	Not available	3
	PTOSetSwitch	Off	0
Volvo_DMI	EngineRedStopLampStatus	Off	0
Volvo_ETCS	EngineAmberWarningLampStatus	Off	0
IdleOperation	NeutralSwitch	Off	0
	ReverseDirectionSwitch	Off	0
	EngineTotalIdleFuelUsed	-	0
	EngineTotalIdleHours	0 h	0
TireCondition	TireLocation	-	0
	TirePressure	0 kPa	0
	TireTemperature	-273 C	0
	CbiWheelEndElectricalFault	Ok (no fault)	0

**Tabla 2.3:** Información generada por el modulo motor II.

**Fuente:** Dpto. Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, Septiembre 12 de 2016.

Identifier	Length	Data	Period (ms)	Count
0x0C010305	8	FF FF E0 FF FF 3F 3F FF	48	321
0x0CF00203	8	00 00 00 FF F7 00 00 03	21	1486
0x0CF00300	8	F1 00 00 00 FF FF FF FF	53	300
0x0CF00400	8	FE 7D 7D 00 00 FF FF FF	33	750
0x0CF00C03	8	00 FB 00 00 FF FF FF FF	22	743
0x18EA0503	3	DA FE 00		1
0x18EAF003	3	E1 FE 00		1
0x18EBFF00	8	04 FF FF FF FF FF FF FF	68	12
0x18EBFF10	8	03 E0 15 4C 04 19 FF FF	48	9
0x18ECFF00	8	20 1C 00 04 FF E3 FE 00	4993	3
0x18ECFF10	8	20 13 00 03 FF E1 FE 00	5152	3
0x18EEFF03	8	64 00 40 00 00 03 03 10		1
0x18EEFF05	8	02 00 40 00 00 05 02 10		1
0x18EEFF10	8	64 00 40 00 00 00 03 10		1
0x18EF0305	8	F4 16 84 C0 64 FF FF FF		1
0x18EF0503	8	0A FC 00 01 23 01 4E 4E	96	152
0x18F00010	8	F8 7D 7D F0 10 FF E4 7D	96	149
0x18F00503	8	7D 00 00 7D 20 4E 20 4E	96	149
0x18FD9503	8	CC FF FF FA FF FF FF FF	992	15
0x18FE4A03	8	03 13 4F E0 FF F3 FF FF	96	151
0x18FEBD00	8	00 F0 FF FF FF FF FF FF	997	16
0x18FEC400	8	00 FF 3D 00 04 02 FF FF	992	15
0x18FEC403	8	00 FF 00 00 00 00 FF FF	1008	16
0x18FEC410	8	00 FF 00 00 00 00 FF FF	1008	16
0x18FEDA05	8	01 33 30 4C 41 23 09 2A		1
0x18FEDF00	8	85 FF FF FF FF FF FF FF	257	61
0x18FEE400	8	00 3F FD FC FF 3F FF FF	991	16
0x18FEE000	8	7D 2A C3 2B FF FF FF FF	1007	14
0x18FEEF00	8	FF FF FF 00 FF FF FF FF	501	31
0x18FEF000	8	FF FF FF 00 00 F0 CC FF	111	150
0x18FEF100	8	FF 00 00 50 00 00 00 D0	96	150
0x18FEF500	8	B1 FF FF FF FF FF FF FF	1003	15
0x18FEF600	8	FF 00 62 FF FF FF FF FF	496	30
0x18FEF700	8	FF FF FF FF 19 01 FF FF	999	15
0x18FEF803	8	FF FF FF FF 81 2A FB DE	992	15
0x18FEF810	8	FF 68 FC FF FF FF FF FF	992	15
0x18FEFD00	8	FF E1 00 FF FF FF FF FF	507	30

**Tabla 2.4:** Paquetes de información CAN del módulo motor II.

**Fuente:** Dpto. Ingeniería prototipos, BUSSCAR DE COLOMBIA, marzo 12 de 2016.

## 7.0. PERSONAS QUE PARTICIPAN:

- Ingeniero PAULO CESAR FRANCO YELARK. (DIRECTOR)
- Estudiante JORGE ANDRES BUITRAGO BARRERA. (PROYECTISTA)

## **8.0. RECURSOS DISPONIBLES:**

### **8.1 RECURSOS INSTITUCIONALES:**

- **BUSSCAR DE COLOMBIA SAS:**

En la planta física de BUSSCAR DE COLOMBIA en el km 4 via cerritos se realiza el desarrollo de los proyectos de carrozado para los diferentes chasis, se cuenta con un edificio de ingeniería de prototipos allí por medio de diferentes software para la programación de los módulos electrónicos y en la planta de construcción se implementa el desarrollo físico del cableado y la instalación de los módulos electrónicos para control dentro del vehículo.

- **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA:**

Se realizan visitas a la biblioteca Jorge Roa y a las diferentes salas de información documental tanto escrita como digital, se realizan consultorías a profesores que cuentan con experiencia y conocimiento del tema de comunicación BUS CAN y otros protocolos seriales.

### **8.2 RECURSOS MATERIALES:**

- Computador HP Pavilion dv6000
- Módulos Thoreb K30 y K17
- Software CANELA
- Software ELSY GRAF
- SAE J1939

### **8.3 RECURSOS FINANCIEROS: PRESUPUESTO**

- La totalidad de la investigación fue hecha a nombre de Busscar de Colombia. SAS, y los recursos fueron de manejo propio de la empresa.

## 9.0. CRONOGRAMA DE TRABAJO

### 9.0.1. DIAGRAMA DE GANTT:

DIAGRAMA DE GANTT															
ACTIVIDADES / SEMANA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15
	FEB 1 - 6	FEB 8 - 13	FEB 15 - 20	FEB 22 - 27	FEB 29 - MAR 5	MAR 7 - 12	MAR 14 - 19	MAR 21 - 26	MAR 28 - ABR 2	ABR 4 - 9	ABR 11 - 16	ABR 18 - 23	ABR 25 - 30	MAY 2 - 7	MAY 9 - 14
ELECCION DEL TEMA															
REVISION BIBLIOGRAFICA															
CONSULTORIA DIRECTOR															
TRADUCCION TEXTOS															
DEFINICION															
PLANTEAMIENTO															
FORMULACION															
SISTEMATIZACION															
JUSTIFICACION															
OBJETIVOS															
MARCO DE REFERENCIA															
ESTADO DEL ARTE															
MARCO TEORICO															
MARCO CONCEPTUAL															
ESTRUCTURA UND DE ANALISIS															
CRITERIO DE VALIDEZ															
DISEÑO METODOLOGICO															
PERSONAS QUE PARTICIPAN															
ANALISIS DE COSTOS															
RECURSOS DISPONIBLES															
CRONOGRAMA DE TRABAJO															
CONCLUSIONES															
BIBLIOGRAFIA															
ANEXOS															

## 10. CONCLUSIONES:

- Originalmente el protocolo CAN fue desarrollado por Bosh para aplicaciones en la industria automotriz, pero debido a sus características de robustez, CAN fue adoptado para aplicaciones industriales y de control.
- CAN es un protocolo de comunicaciones basado en una arquitectura de bus para transferencia de mensajes en ambientes distribuidos.
- Una de las características del protocolo es su robustez debido a que posee una alta inmunidad al ruido.
- Existen diferentes sistemas de multiplexado, tales como J1850 (Protocolo normalizado según SAE) que utiliza Chrysler, GM y Ford, Abus Bus de Volkswagen y VAN (Vehicule Area Network) de Renault.
- Un vehículo actual cuenta con alrededor de dos kilómetros de cable que es igual a 50Kg de peso, la solución a este problema es la multiplexación.
- El multiplexado es una aplicación a reducir una determinada cantidad de cable en el vehículo.

- Una red CAN se compone de una serie de dispositivos conectados mediante un bus serie, denominados nodos. La forma de transmisión de dichos nodos es por broadcast, por lo que el nodo debe tener la capacidad de comprender cuales son mensajes útiles.
- En formato de mensajes CAN2.0A del protocolo CAN, es posible tener hasta 2.048 mensajes, mientras que en el formato CAN2.0B, es posible tener hasta 537 millones de mensajes, es quiere decir que no hay limitación de mensajes.
- La separación en dos circuitos integrados se da debido a que las funciones que involucran medios físicos y medios lógicos son tan diferentes que las tecnologías actuales no han sido capaces de integrar su funcionalidad entera en un solo integrado.
- En el protocolo CAN la estructura más importante es la estructura de datos, la cual es manejada enteramente por el usuario, y está formada por 11 bits y si es se extiende a 29 bits.
- El controlador CAN es el encargado de las tramas de sobrecarga.
- La Velocidad es un limitante en cuanto a longitud de la red, aunque en este trabajo no influye como para tenerlo en cuenta. Según el estándar, la velocidad máxima que puede alcanzar el bus CAN es de 1Mbps y esta se puede alcanzar hasta con una longitud de red de 40 metros.

## **11. RECOMENDACIONES:**

- La finalidad de las resistencias es evitar que los datos transmitidos sean devueltos en forma de eco desde los extremos de los cables y que se falsifiquen los datos. Se recomienda siempre colocar la resistencia de fin de línea para evitar que la señal transmitida se falsee o distorsione y genere interferencias en forma de onda en la trama o paquetes de datos enviados entre nodos.
- Para trabajar con el módulo CAN, se recomienda configurar los filtros de aceptación de tal forma que siempre deben coincidir con el ID o identificador.
- Siempre se debe trenzar los cables para reducir al máximo las interferencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR Sergio, ASTUDILLO Pedro, “Diseño de una Caja Negra”, Asesor de Tesis, Ing. Paúl Tenesaca A. 2010
- BOSCH Robert. “Los Sensores en el Automóvil.” Buenos Aires Argentina 2002.
- BOSCH Robert. “Sistemas para la estabilización del automóvil”. Buenos Aires Argentina 2005.
- CAMPOS Guillermo Ing. “PEUGEOT. ABS, TCS, ESP” 2011
- CAN BUS Exercise Book, “*Embedded C Language for the PIC MCU, DEVELOPMENT KIT*”, CCS, Wisconsin (2006)
- DOGAN, Ibrahim, “Advanced PIC microcontroller projects in C: From USB to ZIGBEE with the 18F Series” United States of America. 2008.
- ERRASQUIN Jorge Ing. ABS. Buenos Aires, Argentina. Curso de Autotrónica UBA Oct. 2006.
- GIL Hermógenes. “La Electrónica en el automóvil” 2011.
- HUANG, Han-Way, “Pic Microcontroller: An Introduction to Software and Hardware Interfacing”, United States of America. 2005.
- PEREZ Leonel Ing. Cuenca, Ecuador. Clases de microcontroladores. UDA 2005-2006.
- SANTANDER Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 2012.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- CABLES Y CONECTORES. (2012, Diciembre 28). Retrieved from <http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/15.html>
- LOS FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN. . (2012, Agosto 28). Retrieved from <http://www.terra.es/personal2/equipos2/filtros.htm>
- THE FREE DICTIONARY BY FARLEX. (2012, Diciembre 28). Retrieved from <http://www.es.thefreedictionary.com/bit>
- ALEPUZ, S. (2012, Diciembre 12). *Qué es CAN y cómo funciona el Módulo del microcontrolador Dspic30f4013pdf*; Pág. 36. Retrieved from <http://www.grupos.emagister.com>
- ANGULO, J. M. (2005). *MICROCONTROLADORES AVANZADOS dsPIC. Controladores digitales de señales. Arquitectura, programación y aplicaciones*. Buenos Aires: Ediciones Paraninfo. S.A.
- ANGULO, J. M. (2006). *Microcontroladores dsPIC. Diseño práctico de aplicaciones*. Buenos Aires: McGraw-Hill.
- BOSCH, C. (2012, Diciembre 20). *CAN Specification Version 2.0 can2spec.pdf*. Retrieved from [www-micro.deis.unibo.it/~magagni/can2spec.pdf](http://www-micro.deis.unibo.it/~magagni/can2spec.pdf)
- CALVA CUENCA, J. (2012, Septiembre 04). *Repositorio Digital EPN*. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2055>
- CAN in Automation (CiA). (2012, Abril 07). *CAN in Automation*. Retrieved from <http://www.can-cai.de/index.php?id=161>
- CAPÍTULO 2, P. C. (2012, Noviembre 06). *Repositorio digital EPN*. Retrieved from [dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8689/9/T10504CAP2.pdf](http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8689/9/T10504CAP2.pdf)
- COSTALES, M. ( 2012, Febrero 08 ). *ANÁLISIS DEL PROTOCOLO CAN E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE NODOS INTERCONECTADOS POR UN BUS DE COMUNICACIONES CAN*.
- ENCINAS, D. (2012, Diciembre 15). *Protocolo de comunicaciones CAN aplicado a sistemas satelitales y vehículos lanzadores.pdf*. Retrieved from ; <http://www.sedici.unlp.edu.ar>.
- KASCHEL C, H. (2012, Febrero 08). *Cabierta.Uchile*. Retrieved from [ANÁLISIS DE LA CAPA FÍSICA DEL BUS DE CAMPO CAN: http://cabierta.uchile.cl/revista/25/articulos/pdf/paper1.pdf](http://cabierta.uchile.cl/revista/25/articulos/pdf/paper1.pdf)
- LOPEZ, J. A. (2012, Octubre 07). *Departamento de Ingeniería eléctrica, electrónica y automática*. Retrieved from [deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/561pub.pdf](http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/561pub.pdf) - España